

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

## **Srovnávací studie parametrů datových přenosů v mobilních sítích s ohledem na HW**

## **Comparative study of data transmission in cellular networks with reference to HW**

### **Bakalářská práce**

Autor: **Vítězslav Chmelař**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Roman Špánek

Konzultant: Ing. Pavel Pírk

Liberec 19. 5. 2006

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra: KSI

Akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Vít Chmelař

studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika

obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Srovnávací studie parametrů datových přenosů v mobilních sítích s ohledem na HW**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat podrobnou rešerši o současných technologiích v oblasti mobilní datové komunikace pro Asii, Spojené státy a Evropu s důrazem na hardwarové prostředky.
2. Provést porovnání parametrů technologií vzhledem k jejich parametrům
3. Porovnat HW prostředky mezi kontinenty Asie, Spojené státy, Evropa
4. Naprogramovat ve vhodném prostředí aplikaci využívající některou z dostupných technologií

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran

Seznam odborné literatury:

[1] konsorcium ELSEVIER (<http://www.sciencedirect.com/>)

[2] konsorcium IEEE (<http://www.computer.org/portal/site/csdl/index.jsp>)

[3] konsorcium SPRINGER (<http://www.springerlink.com>)

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Roman Špánek

Konzultant:

Ing. Pavel Pírk

Zadání bakalářské práce:

**27.10. 2005**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. 5. 2006**

L.S.

.....

Vedoucí katedry

.....

Děkan

V Liberci dne 27. října 2005

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá porovnáním technologií pro datové přenosy. Srovnává je z hlediska dostupnosti v USA, Evropě a Asii. Dále porovnává technologie datových přenosů vzhledem k jejich rychlostem. Jsou zde uvedeny reálně dosažené rychlosti jednotlivých technologií a možnosti zařízení pro využití těchto technologií.

V bakalářské práci je kladen důraz na technologie a HW prostředky dostupné v České republice. Je zde popsáno, jaké technologie se dnes využívají, jaká je jejich dostupnost a jaké technologie budeme pravděpodobně používat v dalších letech. Na závěr bakalářské práce byl vytvořen program na testování doby odezvy serveru pomocí mobilního telefonu v prostředí Java.

## **Abstract**

The bachelor work describes technology for data transmission. This work compares availability of technology in USA, Europe and Asia. It also compares the technology of data transmission considering speeds. There are introduced the real reached speeds of individual technology and possible devices for usage of this technology.

The bachelor work is oriented on technology and HW available in Czech Republic. There is a description of technology used now days and its availability. The technologies which are expected to be used the next years are mentioned in this work too. The program for testing speed and time of server's response was created using interface Java for mobile phone.

## Obsah

Prohlášení.....	4 -
Abstrakt.....	5 -
Seznam použitých zkratk .....	7 -
Úvod.....	8 -
1.Současné technologie v oblasti datové komunikace pro Evropu, Spojené státy a Asii.....	9 -
1.1Současné technologie v Evropě.....	9 -
1.2Technologie v USA.....	15 -
1.3Technologie v Asii.....	15 -
1.3.1 Popis technologie WiBro.....	16 -
2. Porovnání parametrů technologií vzhledem k jejich parametrům.....	19 -
2.1 GPRS.....	19 -
2.2 EDGE.....	23 -
2.3 3G neboli UMTS.....	23 -
2.4 CDMA od Eurotelu.....	24 -
2.5 WiBro.....	25 -
2.6 Celkové srovnání technologií podle rychlost.....	26 -
3. Porovnání HW prostředků mezi kontinenty Asie, Spojené státy, Evropa.....	27 -
3.1 HW prostředky v Evropě.....	27 -
3.1.1 HW s podporou GPRS.....	27 -
3.1.2 HW s podporou EDGE.....	28 -
3.1.4 HW s podporou 3G neboli UMTS.....	29 -
3.1.5 HW s podporou CDMA.....	30 -
3.2 HW prostředky v USA.....	31 -
3.3 HW prostředky v Asii.....	31 -
4. Realizace programu v prostředí JAVA.....	33 -
4.1 Prostředí Java.....	33 -
4.2 Program Ping.....	33 -
4.3 Ovládání programu.....	34 -
Závěr .....	36 -

## **Seznam použitých zkratk**

**AAS** - Adaptive Antenna Systém  
**AMC** - Adaptive Modulation and Cosiny  
**BBM** - Break Before Make  
**BE** - Best Effort  
**CDMA** - Code Division Multiple Access  
**CTC** - Convolution Turbo Code  
**CTIA** - Cellular Telecommunications & Internet Association  
**ČTÚ** – Český telekomunikační úřad  
**EDGE** - Enhanced Data rates for Global Evolution  
**GPRS** - General Packet Radio Service  
**GSM** - Global System for Mobile Communications  
**H-ARQ** - Hybrid Automatic Response ReQues  
**MAC** - Media Access Control  
**NMT** - Nordic Mobile Telephony  
**nrtPS** – non real time Polling Service  
**PDA** - Personal digital assistant  
**QAM** - Quadrature Amplitude Modulation  
**QoS** - Quality of Service  
**QPSK** - Quadrature Phase Shift Keying  
**RRC** - Radio Resource Kontrol  
**rtPS** – real time Polling Service  
**TDD** -Time Division Duplex  
**TDMA** - Time Division Multiple Access  
**UMTS** - Universal Mobile Telecommunication Systém  
**Wibro** - Wireless Broadband  
**WiMax** – Worldwide Interoperability for Microwave

## Úvod

Vzhledem ke stále se zrychlujícímu životnímu stylu je neustále větší potřeba být dobře informován a být v kontaktu s lidmi, se kterými spolupracujeme. V takovéto době se stává mobilní telefon a používání internetu samozřejmostí.

Vzhledem k velkému množství technologií umožňujících bezdrátové datové přenosy je velmi těžké se v těchto technologiích orientovat a vybrat si tu nejvýhodnější. Je potřeba rozlišovat různé způsoby používání internetu.

Někteří uživatelé se potřebují pouze občas připojit, přečíst zprávy, případně stáhnout poštu, ale objem přenesených dat je minimální. Takový uživatel je například obchodník, který je často na cestách a potřebuje kontrolovat objednávky a stavy skladů. Takovému uživateli naprosto postačí technologie, která nebude příliš rychlá, a také postačí, když bude dostupná pouze na místech, kde se uživatel bude pohybovat.

Dalším způsobem užívání internetu je potřeba být neustále připojen, neustále komunikovat, například pomocí ICQ nebo E-mailu. Může to být například provozovatel internetového obchodu nebo vedoucí pracovního týmu a podobně. Takovýto uživatel potřebuje technologii, která nemusí být příliš rychlá, ale bude mít maximální pokrytí signálu.

Poslední nejnáročnější skupinou uživatelů, je uživatel, který potřebuje komunikovat prakticky kdekoli a pracuje s velkými objemy dat. Tato skupina uživatelů není příliš velká, ale správce počítačových sítí a nadšené studenty, kteří vyhledávají nové technologie. Takový uživatel vyžaduje technologie s maximálním pokrytím a stoprocentní spolehlivostí.

Proto jsou v této práci popsány jednotlivé technologie, jejich parametry a dostupnost v České republice. Pro používání jednotlivých technologií jsou důležité také přístroje, které jsou na daném trhu dostupné, proto uvedeme pár přístrojů, které mají dobré technické parametry a jsou cenově dostupné.

Na závěr práce je uveden jednoduchý program, který využívá dostupné technologie u nás, testuje časovou odezvu serveru. Využívá platformu Java.



# 1. Současné technologie v oblasti datové komunikace pro Evropu, Spojené státy a Asii

Tato část se zaměřuje na porovnání používaných technologií v jednotlivých kontinentech v současné době.

## 1.1 Současné technologie v Evropě

V Evropě se v současné době využívají čtyři základní technologie datových přenosů. Rozdíly v jednotlivých zemích jsou dány pouze ekonomickou situací dané země a konkurenční situací provozovatelů mobilních sítí v dané zemi. Rozdíly v těchto ukazatelích mají za následek různé rychlosti zavádění novějších a rychlejších technologií.

Obecně se v Evropě používá technologie datových přenosů GPRS/EDGE a je postupně nahrazována technologií UMTS neboli 3G. Česká republika v tomto ohledu není zdaleka na špičce, ale není v žádném případě ani příliš pozadu. Proto pro stručný popis situace v Evropě použijeme Českou republiku s tím, že v západní Evropě se více využívá technologie UMTS a ve východní je tato technologie spíše ve fázi testování a zavádění.

V České republice se s nástupem třetího operátora, tudíž zvýšením konkurence, začaly i odpovídajícím způsobem zlepšovat služby zákazníkům. Toto zlepšení se projevilo především zlevňováním služeb, a to jak telefonních hovorů, tak datových služeb.

Pro standard GSM se také někdy používá zkratka TDMA, což je anglická zkratka výrazu Time Division Multiple Access (kódování pomocí časového dělení kanálů).



Obr. 1: Princip kódování signálu TDMA

V rámci GSM sítí jsou v České republice poskytovány mobilní datové služby GPRS, EDGE, HSCSD.

Dnes nejvíce používanou, ale již zastaralou technologií v České republice je GPRS (General Packet Radio Service). Tato technologie využívá zbytkovou kapacitu GSM sítě,

kde mají přednost hlasová volání a teprve v případě, že jsou volné sloty, jsou uspokojeny také požadavky GPRS přenosů. GPRS využívá stejné základnové stanice (BTS) jako klasická mobilní GSM síť. Připojení k internetu je tak dostupné všude tam, kde je signál alespoň jednoho mobilního operátora.

V současné době již mají v nabídce všichni tři mobilní operátoři (Eurotel, T-Mobile i Vodafone) skutečný časově i datově neomezený tarif pro GPRS. Kromě ceny (kterou mají operátoři přibližně stejnou) je důležitá především rychlost připojení. Rychlost připojení se odvíjí od několika různých faktorů například se liší podle vzdálenosti od základnové stanice i jejího vytížení.

GPRS jakožto starší technologie je poměrně pomalá a v dnešní době je nahrazována novějšími technologiemi. Výhodou této technologie je její široké pokrytí signálem a cenová dostupnost zařízení.

Urychlení datových přenosů přináší technologie EDGE. Slovo EDGE (se překládá jako "ostří") je vlastně zkratkou pro termín "vylepšená propustnost pro globální evoluci" (Enhanced Data Rates for Global Evolution). Tato technologie spočívá v použití jiné modulace signálu pro datové přenosy. Díky tomu se na stejnou šířku frekvenčního pásma vměstná více dat, spojení je tedy rychlejší (případně je pro přenos stejného množství dat použita menší šířka pásma či je kvalitnější příjem a spojení je tedy efektivnější a má větší dosah).

Z hlediska stávající sítě se jedná o poměrně jednoduchý, nikoliv však levný krok výměny koncových vysílacích stupňů BTS a nahrání nového softwaru, který je ovládá. To se netýká nejnovějších BTS, protože většina výrobců do dodávaných BTS EDGE implementovala již před časem. Všichni tři operátoři tak již dnes mají ve své síti jistý menší počet BTS, kde EDGE stačí „pouze zapnout“, nezávisle na tom, jestli s ním do budoucna počítají nebo ne.

Z pohledu operátora přináší EDGE zajímavou možnost, jak na jedné straně zvýšit rychlost připojení jeho zákazníků a zároveň zvýšit kapacitu vlastní sítě. Kapacita sítě se zvýší přibližně třikrát. Přitom to neznamená tak velké finanční nároky, jako UMTS nebo CDMA (většina vybavení zůstává stejná, používá se stejná frekvence, nemusí se tedy žádná dokupovat).

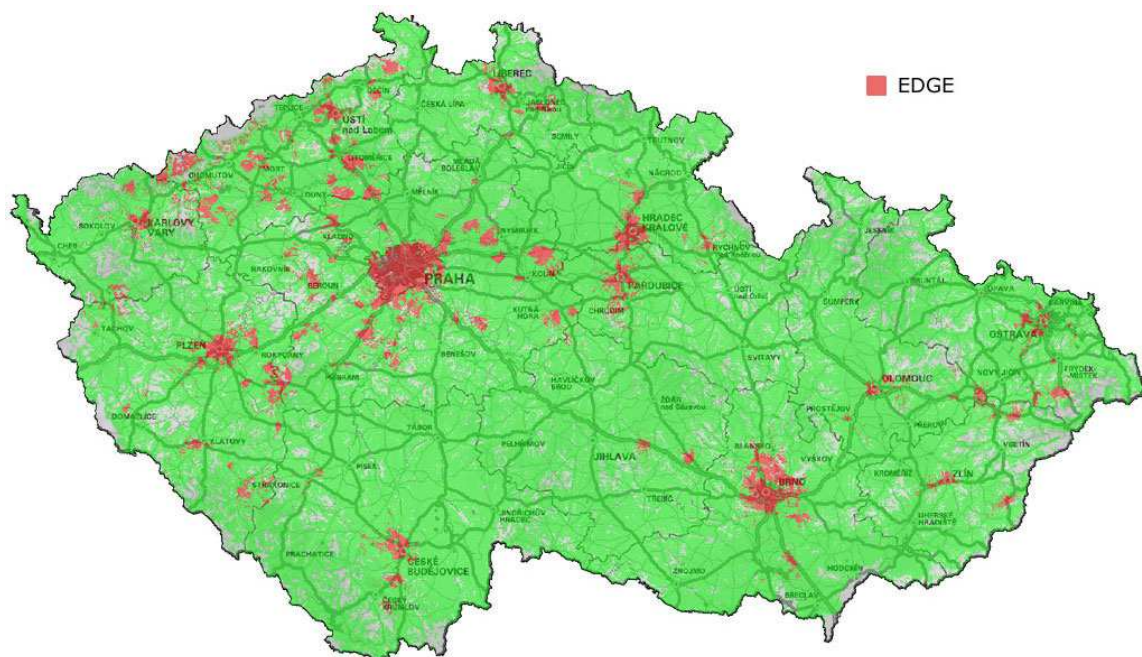
Z pohledu uživatele je to ještě zajímavější, potřebuje vlastně jen jedině – telefon s podporou EDGE. Kdykoliv bude využívat datové připojení, telefon sám najde nejrychlejší možnost – nejvyšší možné kódovací schéma EDGE, kódovacích schémat umožňuje technologie EDGE 9, přičemž nejrychlejší může dosáhnout rychlosti až 59,2 kbps na jeden timeslot, v případě že není technologie EDGE dostupná, pak použije GPRS. Uživatel vyjma jiné rychlosti (a u některých telefonů i jinou ikonkou na displeji) vlastně ani nepozná, co v ten daný okamžik používá.

Bohužel zatím na našem trhu není příliš modelů mobilních telefonů, které tuto technologii využívají. Nejvíce telefonů podporující tuto technologii dodává na český trh firma Nokia, ale další výrobci (BenQ, Sony Ericsson, Samsung a další) začínají pomalu dodávat telefony s podporou této technologie.

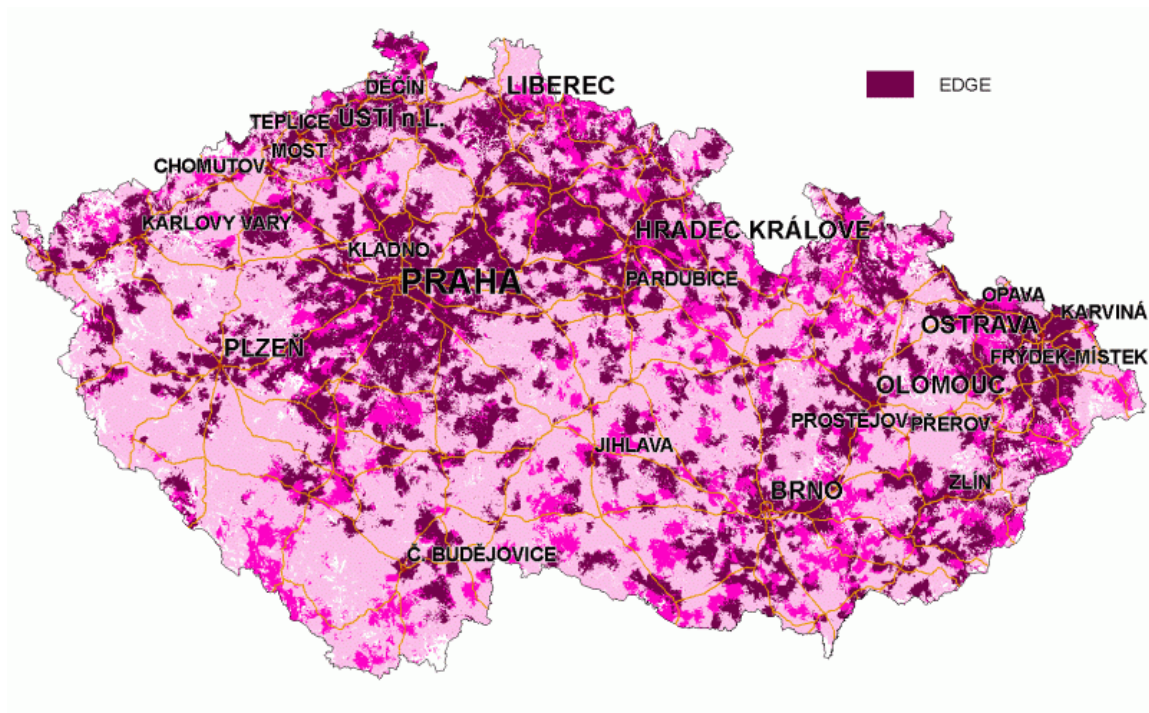
Jediným problémem tedy zůstává pokrytí signálem, EDGE teprve začíná a proto jeho pokrytí není zdaleka takové, jako u GPRS, jelikož je GPRS dostupné prakticky všude kde je signál mobilního operátora. Pokrytí signálem EDGE je mnohem horší. Pokrytí signálem EDGE v České republice, pro jednotlivé operátory je znázorněno na následujících obrázcích.



**Obr. 2: Mapa pokrytí EDGE, Eurotel**



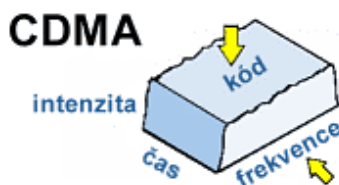
Obr. 3: Mapa pokrytí EDGE, Vodafone



Obr. 4: Mapa pokrytí EDGE, T-mobile



Další možností datových přenosů u nás používaných je technologie CDMA, což je zkratka anglického výrazu Code Division Multiple Access, které lze přeložit jako kódové dělení přenosových kanálů. Základním principem funkce CDMA je umožnění současné komunikace více uživatelů v rámci jednoho frekvenčního pásma. Princip přenosu signálu CDMA je naznačen na následujícím obrázku.

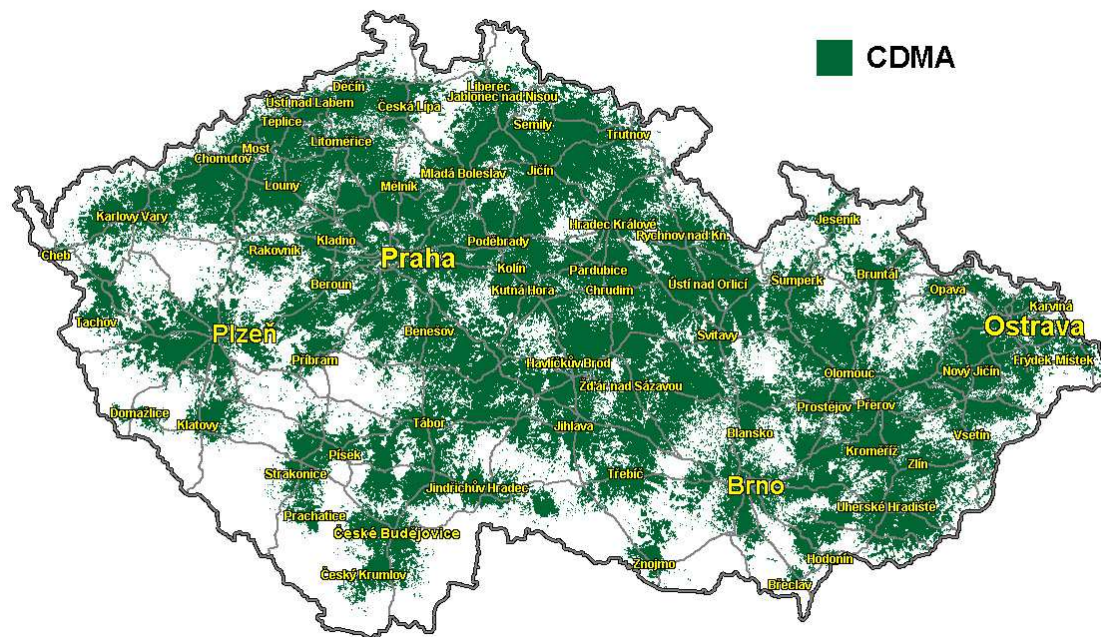


**Obr. 5: Princip kódování signálu CDMA**

Standard CDMA doposud používají hlavně sítě mobilních operátorů, ale zdaleka není tak rozšířený jako standard GSM, který používá ve světě odhadem desetkrát více mobilních operátorů než CDMA.

Standard CDMA 450 mohou používat operátoři provozující analogové sítě NMT - Nordic Mobile Telephone ve frekvenčním pásmu 450 MHz. V České republice provozuje NMT síť s komerčním názvem T!P mobilní operátor Eurotel. Síť T!P využívá přibližně 35 000 uživatelů, což je pouze zlomek klientů ve srovnání s GSM. I když počty klientů v NMT síti Eurotelu stále klesají, Eurotel nepočítá se zrušením sítě NMT. Pásmo 450 MHz má Eurotel od ČTÚ k dispozici minimálně do roku 2011, a proto se Eurotelu nabízí možnost využití přiděleného frekvenčního pásma i pro další služby. Významnou výhodou pásma 450 MHz je potřeba nižšího počtu základnových stanic kvůli nižším používaným frekvencím ve srovnání s UMTS, ale i s GSM.

Eurotel nepočítá s nabídkou hlasových služeb na bázi CDMA-450. Standard bude využit výhradně pro datové služby, a to konkrétně pro fixní připojení PC prostřednictvím bezdrátového modemu. Za dodavatele technologie vysokorychlostního internetu pro Eurotel byla zvolena kanadská společnost Nortel Networks se svojí nabídkou varianty CDMA2000. Datové rychlosti budou dosahovat několikanásobku současných rychlostí GPRS.



**Obr. 6: Mapa pokrytí CDMA, Eurotel ČR**

Další technologií, která se v české republice teprve zavádí, je technologie využívající sítě třetí generace UMTS neboli 3G.

Zkratka UMTS vznikla z anglického slovního spojení Universal Mobile Telecommunication System. Jedná se o další vývojové stádium mobilních sítí, které má přinést rychlejší data a obsáhlejší multimediální služby. To vše je dáno její mnohokrát vyšší datovou propustností než současné sítě GSM.

Ač se může zdát, že označení UMTS skrývá jednoznačně danou specifikaci, není tomu tak. Názorný příklad nám dokonce předvedli naši operátoři, tedy především nadnárodní T-Mobile. Ten se rozhodl komerčně spustit technologicky odlišnou síť UMTS, která je určena čistě pro datové přenosy. Reagoval tak na již fungující služby třetí generace svého konkurenta, CDMA od Eurotelu.

K jednoznačnému odlišení sítí UMTS tedy musíme najít ještě malý přívlastek. Ten se skrývá v systému modulace signálu. Zatímco T-Mobile používá nestandardní UMTS-TDD (časová modulace) a nazývá tuto technologii 4G, Eurotel se přiklonil k mezinárodně používané a kompatibilní verzi UMTS-FDD (frekvenční modulace). Síť T-Mobilu je tak

výhradně určena pro datové přenosy a není možné v ní využívat videohovory či běžného telefonování.

K používání UMTS je potřeba mít SIM kartu a přístroj s podporou UMTS. Můžeme využít buďto telefonu, kterých je na českém trhu celá řada, nebo pro datové přenosy PCMCIA kartu.

## **1.2 Technologie v USA**

Situace V USA je naprosto jiná než v Evropě, pohled na používání mobilních telefonů je tam zcela jiný, k bezdrátovému přenosu dat se v USA hojně využívá síť Wi-fi a CDMA, proto zavádění nových technologií využívajících GSM sítě je zde pomalejší a spíše se zde využívá technologie CDMA.

V EU připadá na deset lidí 8 mobilních telefonních čísel, zatímco v USA jen 6. Američané musí platit za příchozí hovory i SMS, proto svá telefonní čísla rozdávají opatrněji než Evropané. V Evropě jsou lidé zvyklí platit minutu po minutě a mladí lidé šetří tím že posílají SMS, zatímco v USA jsou lidé zvyklí platit paušál a mít neomezené hovory a z tohoto důvodu i méně posílají SMS.

Zatímco v Evropě je zaveden jednotný systém GSM – téměř všude existuje nějaká síť, se kterou mobilní telefon pracuje – mobilní telefony proto pomalu začínají vytlačovat pevné linky, v USA existuje více vzájemně nekompatibilních systémů, pevná linka zůstává nutností.

Mobilní hovory jsou v USA obecně levnější. Linky jsou však díky tomu často obsazené a Američané hojně využívají hlasovou schránku.

Datové přenosy přes mobilní telefonní síť využívají velmi málo. Například operátor T-mobile v USA nabízí svým zákazníkům pouze technologii GPRS/ EDGE a se zavedením sítě třetí generace v příštích dvou letech vůbec nepočítá.

## **1.3 Technologie v Asii**

V Asii mají nejrozvinutější technologie Jižní Korea a Japonsko, proto se zaměříme především na technologie využívané v těchto zemích. V Jižní Koreji se testuje většina nových technologií. K pochopení velkého rozdílu mezi kontinenty, je potřeba si uvědomit odlišný životní styl v těchto zemích.

Drtivá většina Jihokorejců do 35-ti let je závislá na internetu. Je to docela dobře pochopitelné vzhledem k tomu, že je většina území pokryta kvalitním signálem bezdrátového internetu a cena, za kterou lze pořídit PDA, kvalitní mobilní telefon či notebook je velmi nízká. Rychlost místního internetu je na hranici možností nejnovějších technologií.

Nejnovější technologie používané v Jižní Koreji jsou takové, o jejichž možnostech teprve uslyšíme z odborného tisku v horizontu několika let. Jižní Korea je testovacím trhem pro většinu technologických společností a společnosti budující velké bezdrátové sítě si jezdí pro zkušenosti s nejnovějšími technologiemi právě do Jižní Koreje.

Jihokorejský zákazník si nekupuje mobilní telefon, notebook či PDA protože by se mu rozbil, ale proto, že chce vlastnit nejnovější model.

„Gamer“, čili člověk, jehož pracovní náplní je hraní her, je velmi žádanou prací u mladých lidí. Profesionální hráči počítačových her jsou pak často velmi bohatí lidé - díky sponzorům, dotacím od vývojářských společností a vyhraným cenám. V Jižní Koreji existují národní ligy hraní her a jihokorejský zpravodajský televizní blok věnovaný sportu se z plnohodnotné části věnuje i výsledkům z ligy počítačových her.

V neposlední řadě podíl na úspěšném zavádění nových technologií mají politici. Uvědomili si, že pokud chtějí v následujících letech ustát svoji pozici výkonné ekonomiky, musí se přeorientovat na informační technologie. Manuální práci a těžký průmysl za ně udělá Čína. Ostatně konkurovat Číně v tomto by bylo zcela zbytečné.

Proto v Jižní Koreji existuje řada institucí, které se věnuje technologické podpoře pro veřejnost a pozitivnímu vztahu veřejnosti k informačním technologiím.

### **1.3.1 Popis technologie WiBro**

Technologie Wibro (Wireless Broadband) představuje to, co média označují jako „přenosný Internet“ (portable Internet). Z technologického hlediska odpovídá tolik očekávanému širokopásmovému bezdrátovému přístupu WiMax, takže bychom si snadno mohli přeložit WiBro jako „WiMax brother“. Konkurovat mu ale zřejmě nebude, protože je to technologie původně korejská a ve skutečnosti dnes již velice blízká 802.16e, tedy globální normě.

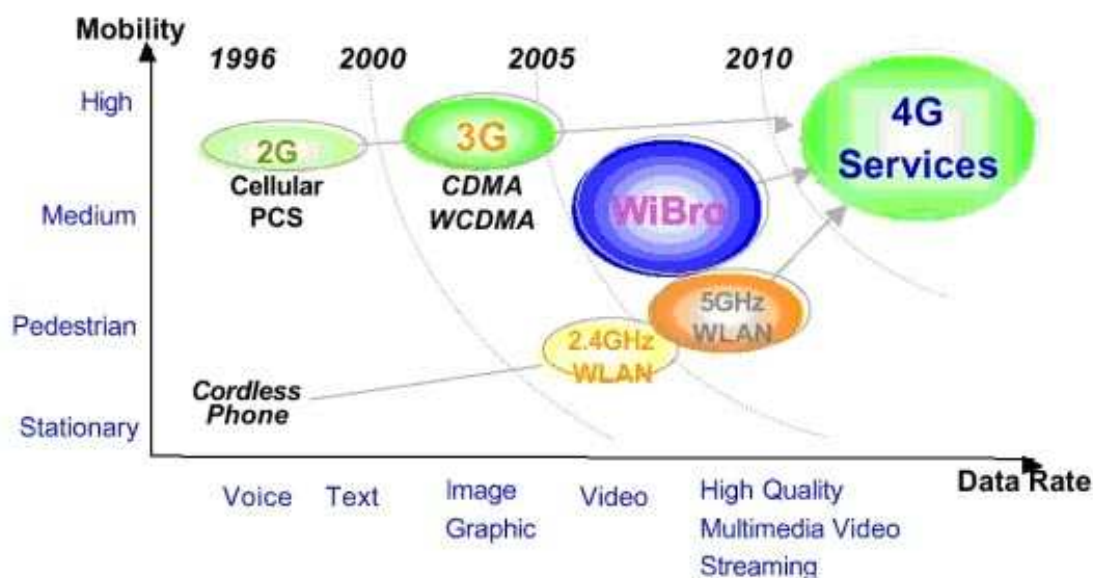


Korea před třemi lety uvolnila spektrum 2,3 GHz pro komunikační účely a vyčlenila 100 MHz z tohoto pásma pro přenosný Internet. WiBro je korejská norma využívající právě toto pásmo a je technicky velice podobná připravované normě mezinárodní 802.16e.

Korejci udělali na první pohled podobný krok jako v případě bezpečnostní normy pro Wi-Fi, vyrobili si technologii, uzavřenou pro mezinárodní výrobce, čemuž se komerční svět ovšem brání. V případě WiBro není situace zdaleka tak vyhrocená, protože půjde vlastně o jakousi národně-specifickou verzi WiMax a cizincům se trh (zatím) nezavírá. Však také Intel, hlavní aktér na trhu s čipy pro WiMax, se slíbil postarat o slučitelnost WiBro s WiMax.

WiBro bude nabízet agregovanou datovou propustnost na úrovni 30 až 50 Mbit/s, a to v dosahu 1-5 km od základnové stanice. WiBro podobně jako WiMax podporuje QoS (Quality of Service), takže umožňuje nejrůznější služby a typ obsahu. První pilotní projekt spustili na konci loňského roku s přenosovými rychlostmi kolem 1 Mbit/s. Mobilita je podporovaná do rychlosti přijímače 60 km/h.

Ze současného pohledu se WiBro nachází někde mezi WLAN a mobilními službami, ale jako nejnovější technologie má přímo navazovat na sítě 4G, které mají poskytovat vyšší rychlosti i mobilitu, viz Obr. 7.



Obr. 7: Časový vývoj datových technologií

Korejská vláda již udělila tři licence na provozování systému WiBro, a to společnostem KT, SK Telecom a Hanaro Telecom. Další adept. První síť na bázi WiBro by se měly objevit v polovině příštího roku. Podle předpovědí by mohla tato širokopásmová bezdrátová technologie zaujmout do šesti let od svého spuštění téměř 10 miliónů uživatelů a generovat obrát kolem 3 miliard dolarů.

WiBro bude koexistovat s 3G, které v Koreji nabízí právě KT a SK Telecom. Jižní Korea patří k prvním zemím, kde se komerčně začaly nabízet služby 3G, a dnes mobilní síť nabízí datové přenosy po sítích typu CDMA2000 o rychlosti 2,4 Mbit/s. WiBro bude samozřejmě konkurovat veřejným Wi-Fi (hot spots), a to díky své kapacitě, dosahu a pokrytí a také lepší podpoře různorodých služeb právě díky uplatnění mechanismů QoS, které Wi-Fi stále chybí. Přestože patří Jižní Korea k zemím s nejvyšší penetrací širokopásmového přístupu, vítá další technologické možnosti, jak nabídku ještě obohatit.

Jihokorejský Samsung již stihl předvést další generaci svých produktů pro WiBro na nedávné výroční výstavě CTIA (Cellular Telecommunications & Internet Association).

První demo bylo již k dispozici v listopadu loňského roku a od té doby se podařilo zredukovat objem zařízení na pouhou jednu desetinu původní velikosti. Samsung chce komerčně nasadit WiBro systémy příští rok, a to pro rychlost (na sektor) 30 Mbit/s. Výrobce samozřejmě také vyvíjí zařízení pro WiMax, tedy pro globální trh.

## 2. Porovnání technologií vzhledem k jejich parametrům

Porovnání parametrů technologií s důrazem na technologie využívané u nás.

### 2.1 GPRS

GPRS využívá kódovací schéma (CS – Cosiny Scheme). Jedná se o způsob kódování signálu pro přenos radiovým prostředím. V různých lokalitách je totiž odlišná kvalita signálu a proto se tam využívají různá kódovací schémata. Zatímco Eurotel s Vodafone využívají pouze schémata CS1 a CS2, konkurenční T-Mobile využívá také jako jediný i CS3 a CS4.

Zjednodušeně řečeno: CS1 je určeno pro horší přenosové podmínky a CS4 do lokalit s nejlepší kvalitou signálu. Pro představu je uvedena tabulka, která zobrazuje dosahované rychlosti u jednoho time slotu u jednotlivých druhů kódování a také maximální rychlosti, kterých lze dosáhnout pro ochozí a příchozí data. Pro upřesnění je třeba dodat, že u nás dostupné přístroje umožňují využívat najednou pouze 5 time slotů (tedy např. 4 pro stahování a 1 pro odesílání nebo 3 pro stahování a 2 pro odesílání). V tabulce jsou uvedeny maximální možné rychlosti, reálné jsou ovšem mnohem nižší.

Systémy kódování a jejich rychlosti			
Systém kódování	rychlost pro jeden timeslot	Maximální rychlost k uživateli	Maximální rychlost od uživatele
S1 (GPRS 4+2)	9,6 kb/s	až 38,4 kb/s	až 19,2 kb/s
CS2 (GPRS 4+2)	13,40 kb/s	až 53,6 kb/s	až 26,8 kb/s
CS3 (GPRS 4+2)	15,60 kb/s	až 62,4 kb/s	až 31,2 kb/s
CS4 (GPRS 4+2)	21,40 kb/s	až 85,6 kb/s	až 42,8 kb/s

**Tab 1: Rychlosti přenosu GPRS podle kódování**

### Rychlost GPRS u českých operátorů

Bylo provedeno měření rychlosti GPRS pomocí veřejného „Speedmeteru“ serveru DSL.cz. Bylo zjišťováno, jaký operátor je nejrychlejší a kdy je stahování GPRS používáno nejčastěji.

Server DSL.cz provozuje tzv. Speedmeter – webovou službu, která dokáže změřit aktuální rychlost připojení k internetu. S její pomocí byla zjištěna rychlost v kilobitech za sekundu, kterou je poté možno porovnat s údajem svého poskytovatele připojení.

V databázi měření byl aplikován filtr IP adres, aby se každá z nich v jednom dni objevila pouze jednou. Tímto způsobem se měl eliminovat vícenásobný počet měření jednoho uživatele. Jenže v případě mobilních operátorů se IP adresy přidělují dynamicky a v průběhu dne se pod jednou adresou může postupně objevit více uživatelů. Proto výsledky měření nejsou zcela přesné.

V databázi záznamů byla většina měření provedena ze sítě Eurotelu. T-Mobile má poloviční počet položek a Vodafone, jehož datová nabídka za ostatními operátory zaostává, je s několika sty záznamy hluboko dole. Úplně přesné počty a podíly nabízí následující tabulka:

operátor	počet záznamů	podíl
Eurotel	17 084	67 %
Vodafone	445	2 %
T-Mobile	8 080	32 %

**Tab. 2: Počty měření podle operátorů**

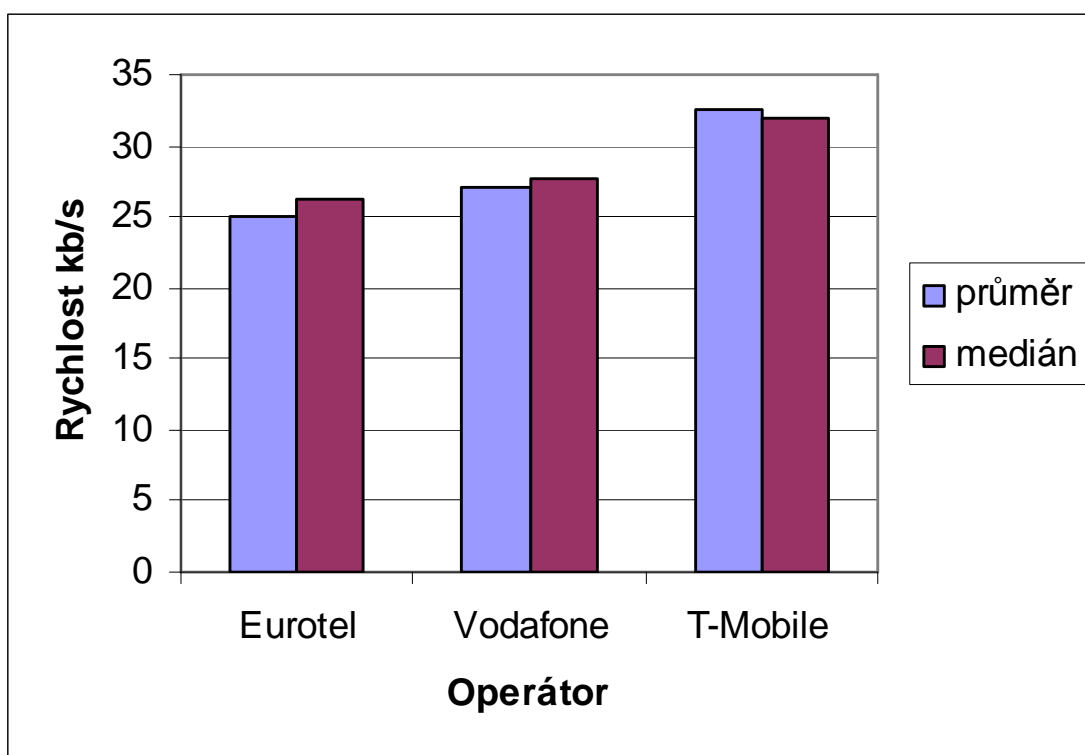
Průměr ze všech měření za předchozí tři měsíce je 28,24 kb/s. Reálnější výsledky než průměr, který velmi ovlivňují extrémy, však dává medián - střední hodnota souboru dat. V tomto případě je rychlost 27,52 kb/s.

Více než rozdělení podle měsíců jsou zajímavější výsledky jednotlivých operátorů. Získané hodnoty jsou zobrazeny v následující tabulce:

	Eurotel	Vodafone	T-Mobile
průměr	24,99 kb/s	26,99 kb/s	32,63 kb/s
medián	26,17 kb/s	27,77 kb/s	32,01 kb/s
počet	17 084	445	5 889

**Tab. 3: Rychlosti GPRS podle operátorů**

Tyto údaje jsou pro lepší přehlednost zobrazeny v následujícím grafu:

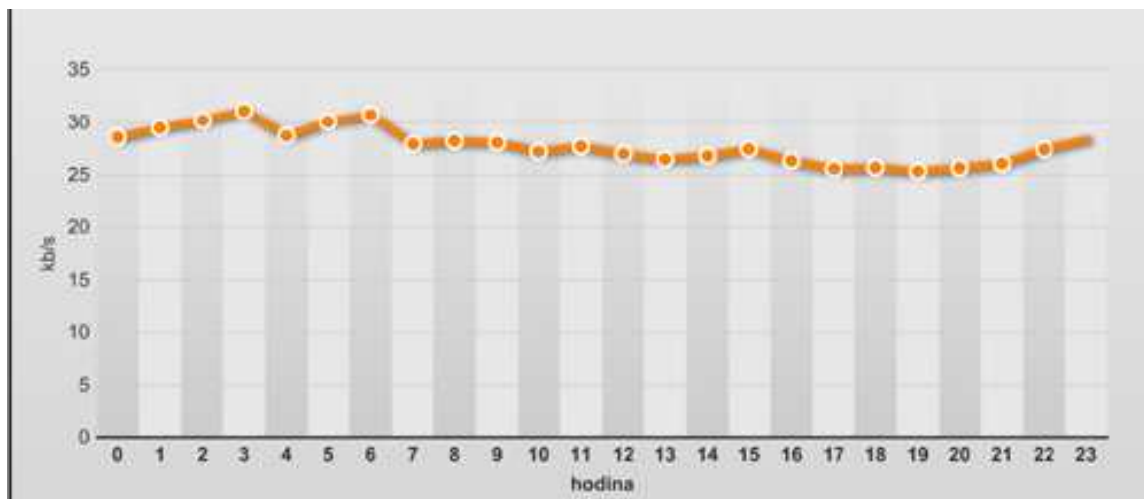


**Graf 1: Rychlosti GPRS podle operátorů 1**

Z předchozího grafu jasně plyne jeden závěr: že GPRS T-Mobilu je rychlejší. Protože komprimační služba GPRSpeed (snižující kvalitu obrázků a tím relativně urychlující internet) už nemá na výsledky vliv, vysvětlením mohou být kódovací schémata CS3 a CS4, která Eurotel a Vodafone nenabízí.

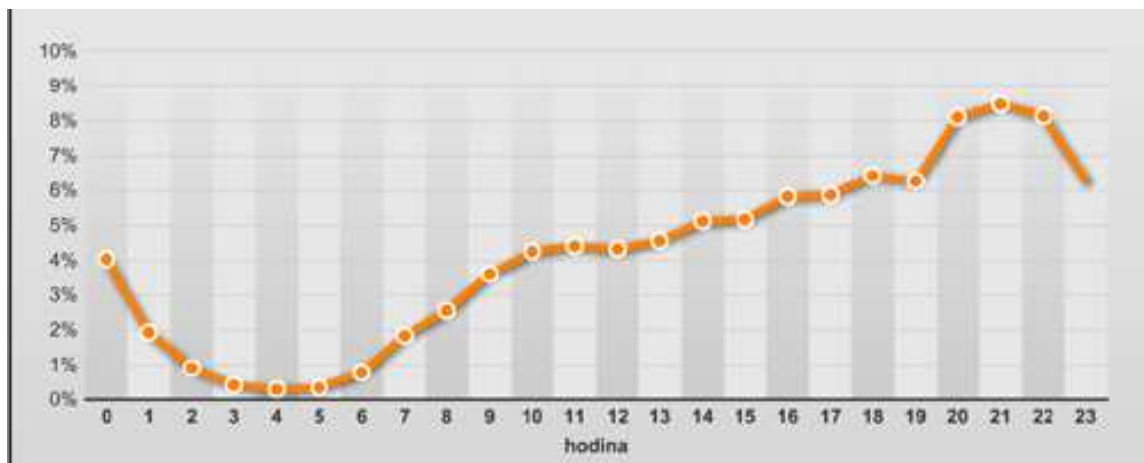
Z naměřených hodnot se dále ukazuje, že rychlosti připojení jsou ve všech dnech v týdnu prakticky stejné. To znamená, že rychlost v jednotlivých dnech není omezena počtem volných timeslotů.

Naopak rychlost v průběhu dne se mění. Zde už se z přímky opravdu stává křivka. Ve tři hodiny ráno je průměrná rychlost 31,12 kb/s, zatímco o devatenácté hodině, kdy začíná levnější časové pásmo a kanály jsou ucpané, se dostaneme jen na 25,36 kb/s.



**Graf 2: Rychlosti GPRS v průběhu dne**

Následující graf ukazuje využívání GPRS v jednotlivých hodinách během dne a konečně jsou zde vidět velké rozdíly. Je jasné, že v noci je v mobilní síti klid, špička však nenastává v pracovní době, jak by se mohlo předpokládat, ale až večer kolem jednadvacáté hodiny.



**Graf 3: Využívání GPRS v průběhu dne**

Výsledky měření rychlosti GPRS nepřinášejí žádné velké překvapení. T-Mobile má rychlejší GPRS než Eurotel, o tom není sporu, u obou dvou operátorů lze navíc rychlosti

ještě zvýšit pomocí zapojením komprimačních služeb GPRSpeed a Akcelerator. Zmenší objem přenášených dat, která se potom stáhnou rychleji.

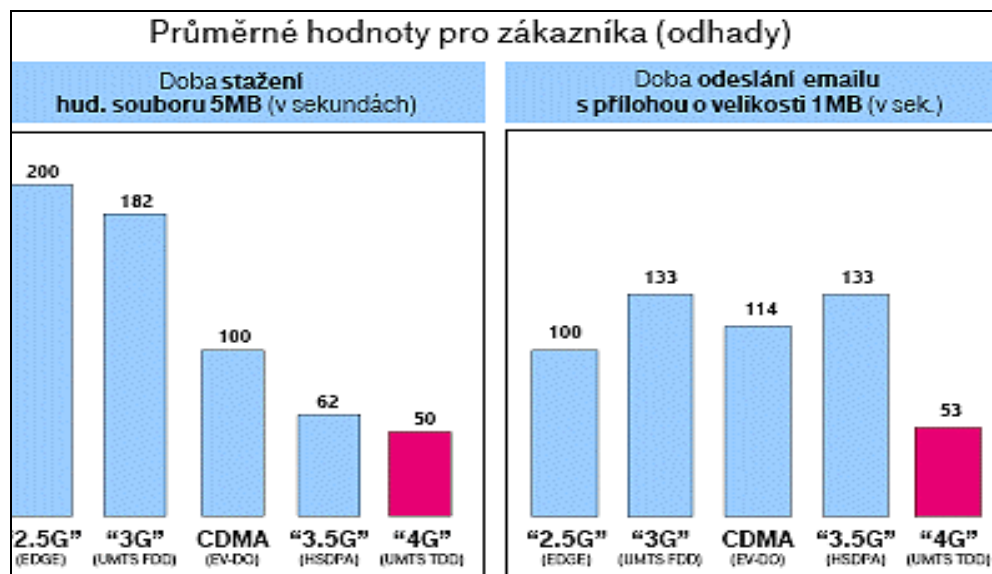
## **2.2 EDGE**

Reálná rychlost se u všech mobilních technologií liší podle vzdálenosti od základnové stanice i jejího vytížení, stejně tak je tomu i u EDGE. Čím lepší příjem, tím se použije lepší tzv. kódovací schéma, čím méně je základnová stanice využita, tím více se může zabrat vysílacích kanálů (tzv. timeslotů) a tím vyšší je tedy i možná rychlost připojení. Zatímco s GPRS lze ale dosáhnout maximálně 160 kbit/s, u EDGE je to třikrát více, téměř 480 kbit/s. Reálně je ale propustnost výrazně nižší, u GPRS se běžně dosahuje rychlost okolo 40 kbit/s, u EDGE se pohybuje okolo 100-150 kbit/s.

Pokrytí této technologie u nás není ještě na takové úrovni, aby se dalo provádět nějaké objektivní měření. Jednoduše se dá říci, že pro uživatele s mobilním telefonem podporujícím EDGE je příjemným překvapením zvýšení rychlosti, když mají štěstí a nacházejí se v oblasti kde je tato služba nabízena.

## **2.3 3G neboli UMTS**

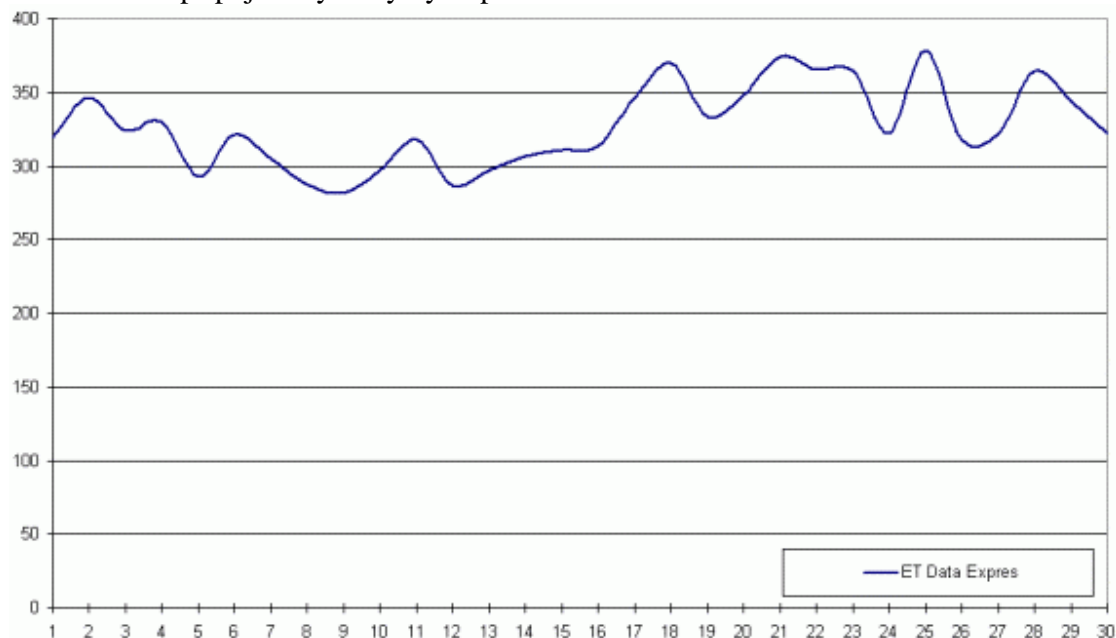
T-Mobile dále nabízí novou technologii s minimální pokrytím (zatím pouze v Praze), kterou nazývá 4G, ale je to ovšem technologie UMTS neboli 3G. T-Mobile dal přednost technologii UMTS TDD před mnohem častější (častěji používanou) technologií UMTS FDD. Přestože tato technologie přináší některá omezení, například neumožňuje videohovory, kvůli velmi dobrým parametrům právě při přenosu dat se T-Mobile rozhodl pro tuto technologii. Důvody a porovnání rychlostí jsou zobrazeny na následujícím grafu. Informace jsou však přímo z prezentace T-Mobile a proto teprve praktické používání ukáže, zda to byl správný krok.



**Graf 4: Odhady rychlosti 4G**

## 2.4 CDMA od Eurotelu

Poslední u nás dostupnou technologií je CDMA od Eurotelu. Je jí rychlosti jsou závislé na počtu uživatelů a jejich aktivitě v síti. V následujícím grafu jsou zobrazeny rychlosti dosahované v průběhu jednoho měsíce. Eurotel uvádí, že rychlosti dosahované pomocí tohoto připojení by měly být v průměru 256 kbit/s.



**Graf 5: Rychlost CDMA v průběhu měsíce**

Možná ještě zajímavější je u CDMA rychlost uploadu (přes FTP). U downloadu Eurotel sám uvádí teoretickou maximální rychlost (800 kbit/s) a očekávanou průměrnou



rychlost (256 kbit/s), ale u uploadu uvádí jen teoretické maximum - 153,6 kbit/s. Skutečná dosahovaná rychlost uploadu se ovšem pohybuje pouze okolo 70 až 80 kbit/s. Zajímavé je, že při stahování většího souboru (přes 10 MB) byla ke konci přenosu rychlost až 100 až 110 kbit/s.

## **2.5 WiBro**

Tato technologie, používaná zatím pouze v Asii, je několikanásobně rychlejší, než stávající technologie u nás. Vzhledem k tomu, že není možno tuto technologii vyzkoušet, je zde uvedena aspoň přesnější specifikace. Praktické zkušenosti nejsou zatím dostupné.

### **Základní vlastnosti technologie WiBro jsou ve stručnosti následující:**

- vysoká rychlost – maximální propustnost v sektoru až k uživateli, RRC ;
- mobilita – podpora uživatelů v automobilu pohybujícím se rychlostí do 60 km/h, delší životnost baterie;
- plné pokrytí – makro/mikro/piko buněk, snadné plánování buněk, roaming s mobilními sítěmi i WLAN;
- nízké náklady – zvýšení spektrální výkonnosti.

### **Specifikace fyzické vrstvy:**

- pásmo 2,3 GHz;
- šířka kanálu 9 MHz;
- TDD (Time Division Duplex) – časový úsek o délce 5 ms;
- modulace – QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM;
- kódování kanálu – CTC (Convolution Turbo Code) pro maximalizaci datové rychlosti;
- propustnost v sektoru - v dopředném směru 18 Mbit/s a ve zpětném směru 6 Mbit/s;
- propustnost uživatelská - v dopředném směru 3 Mbit/s a ve zpětném směru 1 Mbit/s;

- volitelná podpora AAS (Adaptive Antenna System) – na zvýšení dosahu a rychlosti pro pomalu se pohybující uživatele.

#### **Specifikace podvrstvi řízení přístupu k médiu (MAC, Media Access Control)**

- pružné přidělování šířky pásma prostřednictvím MAP – rámec od rámce;
- pružná QoS - rtPS (real-time Polling Service), nrtPS (non-real-time Polling Service) a BE (Best Effort);
- MAC rámce proměnné délky, možnost fragmentace a sdružování;
- možnost potlačení záhlaví rámce;
- bezpečnost;
- podpora režimu spánku – snížení spotřeby u mobilních zařízení;
- podpora H-ARQ (Hybrid Automatic Response ReQuest) – vyšší výkonnost při opětovném vysílání způsobeném útlumem nebo rušením;
- podpora AMC (Adaptive Modulation and Coding) pro výběr pásma;
- předávání uživatele (BBM, Break Before Make), rychlé předávání (mobile IP).

## **2.6 Celkové srovnání technologií podle rychlostí**

Celkově se dá říci, že přicházející novější technologie jsou stále rychlejší. Cenová dostupnost nových technologií je také velmi příjemná. Jediným slabým místem je pokrytí signálem dané technologie. Proto lze říci, že vhodná technologie pro uživatele je taková, která má v místech, kde ji uživatel bude využívat, signál. Pokud má pokrytí více technologiemi a má dostatek prostředků na nákup zřízení, pak je nejlepší volbou je technologie 4G od T-Mobile nebo CDMA nebo 3G od Eurotelu.

### 3. Porovnání HW prostředků mezi kontinenty Asie, Spojené státy, Evropa

V dnešní době již není problém nakupovat zboží z celého světa, proto se rozdíly mezi kontinenty velmi rychle zmenšují. Proto jediným omezením při nákupu mobilního telefonu, případně PCMCi karty, pro datové přenosy je podporovaná technologie v dané zemi. Pro jednotlivé oblasti vždy představíme pár zařízení které jsou v dané oblasti zajímavé.

#### 3.1 HW prostředky v Evropě

HW prostředků pro všechny dostupné technologie v Evropě je velké množství, proto zde uvedeme zařízení které umožňují určitou technologii datových přenosů a zároveň jsou cenově dostupné.

##### 3.1.1 HW s podporou GPRS

**Siemens A60** – tento telefon umožňuje připojení pomocí GPRS třídy 8(4/1), tento telefon nemá žádné zvláštní vlastnosti, je zajímavý pouze cenou. Dá se pořídit již za \$65. Je to nejlevnější varianta, jak se připojit k internetu, bohužel pouze pomocí GPRS. K připojení je potřeba dokoupit datový kabel.



Obr. 8: Siemens A60

### 3.1.2 HW s podporou EDGE

**Motorola V360** - nenápadné věčko v asijském stylu. Má výborný displej, přehrávač MP3 souborů, slot pro paměťové karty a Bluetooth. Poměrně nízká cena telefonu je však vykoupena horším fotoaparátem a vnějším černobílým displejem, což pro naše požadavky není směrodatné. Výhodou je možnost spojení s PC pomocí Bluetooth. Telefon má GPRS třídy 10(4/2) a EDGE třídy 10(4/2). Jeho cena na trhu se pohybuje okolo \$130.



**Obr. 9: Motorola V 360**

Dalším možným řešením, pokud nám jde pouze a dotové přenosy, je možnost připojení pomocí PCMCIA karty, která se vloží do notebooku. Tyto karty je nejlepší koupit přímo od operátora, jehož službu hodláme využívat, jelikož operátoři dotují ceny takového zařízení.

**Optio EDGE Bombo** - zásuvná PCMCIA karta. Podporuje datové přenosy pomocí služby HotSpot i EDGE. Podporuje GPRS třídy 10(4/2) a EDGE 10(4/2). Tato karta je nabízena od společnosti T-Mobile za cenu okolo \$200. Výhodou takového zařízení je možnost připojení přídatné antény a zlepšení tak příjmu signálu a tím zvýšení rychlosti v místech, kde je slabé pokrytí signálem.



**Obr. 10: PCMCi Optio EDGE Bombo**

### **3.1.4 HW s podporou 3G neboli UMTS**

**Sony Ericsson K600i** - telefon klasické konstrukce s velmi bohatou výbavou a podporou sítí třetí generace. Zaujme moderním designem, Bluetooth, MP3 vyzváněním, rádiem, fotoaparátem a VGA kamerou na přední straně. Podporuje datové přenosy pomocí GPRS třídy 10, CSD, HSCSD, 3G (UMTS). Podporuje připojení pomocí kabelu, Bluetooth i infraportu. Tento telefon se dá pořídit již za \$230.



**Obr. 11: Sony Ericsson K600i**

**Nokia 6630** – tento telefon má spousty funkcí a rozdíl s předchozím telefonem je především v podpoře technologie EDGE, ale naopak nepodporuje technologii HSCSD. Je to alternativa pro ty, kteří se pohybují v oblastech, kde je pokrytí signálem GPRS/EDGE a 3G. Cena tohoto přístroje se pohybuje okolo \$280.



Obr. 12: NOKIA 6630

### 3.1.5 HW s podporou CDMA

Těchto zařízení není na trhu příliš mnoho, jelikož si je operátoři často upravují pro své potřeby. Proto zde uvedeme pouze příklad zařízení které nabízí firma Eurotel.

**AnyData ADU-E100H** – modem pracující se signálem 450 MHz, připojuje se k PC pomocí USB kabelu, má v sobě zabudovanou baterii pro připojení k notebooku. Podporuje technologii CDMA2000, bezdrátový přenos dat rychlostí až do 2,3 mpbs, příjem dat do 153 kbps. Cena modemu se pohybuje okolo \$450.



Obr. 13: modem AnyDATA ADU - E100H

### 3.2 HW prostředky v USA

Ve Spojených státech jsou samozřejmě dostupná veškerá zařízení jako v Evropě, za zmínku stojí pouze zařízení, která umožňují komunikovat nejlépe se všemi technologiemi, tato potřeba je způsobena velkým množstvím různých technologií ve Spojených státech. Takové zařízení pak není problém připojit do sítě prakticky kdekoli na světě.

**Nokia E60** je telefon pro práci. Používá operační systém Series 60, telefon je ale přesto malý a lehký. Displej má extrémně jemné rozlišení. Nokia E60 podporuje GPRS, EDGE, Wi-Fi, HSCSD, UMTS, chybí jí pouze digitální fotoaparát. Takový to telefon je možné připojit na jakoukoli síť, která je dostupná v daném místě, je výhodný zejména pro USA hlavně proto, že podporuje připojení pomocí WiFi, které se v USA hojně využívá. Telefon se dá zakoupit i na Evropském trhu, nevýhodou však zůstává jeho vyšší cena která se pohybuje okolo \$450.



Obr. 14: Nokia E60

### 3.3 HW prostředky v Asii

V Asii jsou samozřejmě dostupná veškerá zařízení jako v USA a Evropě. Rozdíl je pouze v klávesnicích a softwarech, z pochopitelných jazykových důvodů. Přesto prakticky všechny telefony na Asijském trhu podporují angličtinu. Proto zde ukážeme pouze příklad telefonu který podporuje technologii Wibro.

**Samsung M8000** – je to první telefon podporující Wibro. Samozřejmě se spoustou funkcí také narostl rozměr telefonu. Trochu se tento telefon svými rozměry a funkcemi

přiblížil zařízení PDA. Již teď je tento telefon nabízen s klávesnicí Qwerty pro Evropské zákazníky.



**Obr. 15: Samsung M8000**

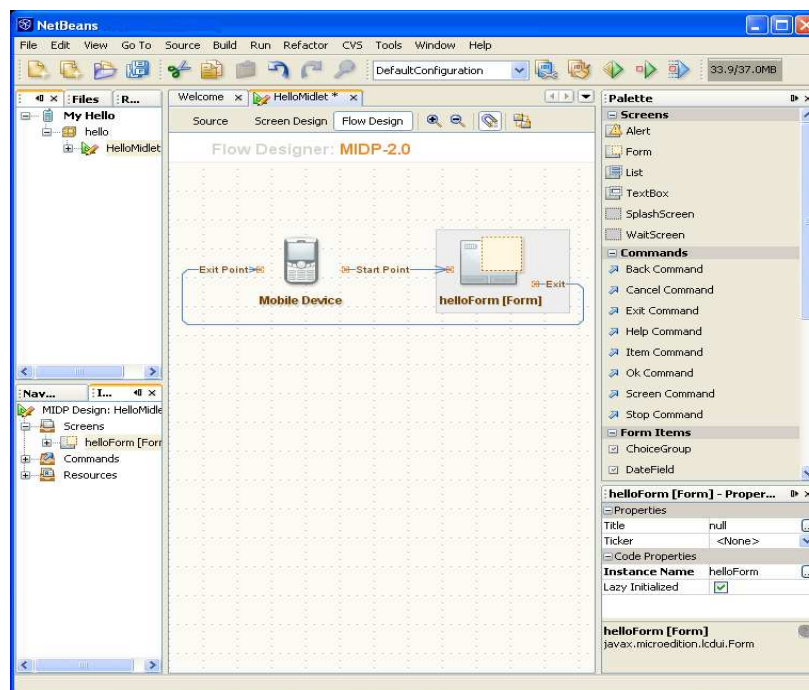


## 4. Realizace programu v prostředí JAVA

### 4.1 Prostředí Java

K realizaci programu bylo použito vývojové prostředí od firmy SUN, NetBeans Mobility verze 5.0. Toto vývojové prostředí je zdarma ke stažení na stránkách <http://www.netbeans.org>.

V NetBeans Mobility je možné vytvářet projekty dvěma způsoby. Vytváření MIDP aplikací pomocí Visual Mobile Designeru. Visual Mobile Designer umožňuje graficky vytvářet tok vaší aplikace a navrhovat jednotlivé obrazovky, které budou v aplikaci použity. Kód aplikace je pak generován automaticky.



Obr. 16: NetBeans Visual Mobile Designer

Druhou možností jak vytvářet program je psáním přímo zdrojového kódu, tento způsob vyžaduje dokonalé znalosti Javy.

### 4.2 Program Ping

Program realizuje příkaz PING na mobilní telefonu a výsledku zobrazuje na display. Umožňuje zadání a editaci názvu serveru a otestovat jeho dostupnost.

Pro komunikaci se serverem bylo využito pomocníka Mobile Client to Web Application.

Program PING odešle na požadovaný server několikrát požadavek ECHO a poté čeká na odpověď, kterou zmiňovaný počítač odpoví. Program PING si po odeslání ICMP paketu musí zapamatovat jeho identifikátor a pořadové číslo žádosti. Poté čeká a čte všechny příchozí ICMP pakety. Zajímá jej pouze ECHO odpověď se stejným identifikátorem a stejným pořadovým číslem. Jestliže přijde ECHO odpověď ve stanoveném čase, program vypíše IP adresu testovaného serveru a standardní odpověď příkazu ping.

### 4.3 Ovládání programu

Program po spuštění ukáže uvítací obrazovku na které si můžeme vybrat ze seznamu příslušný server který chceme testovat a nebo můžeme vlevo dole zmáčknutím tlačítka Menu přidat, editovat nebo vymazat stávající server.



Obr. 16: Menu programu

Po stisknutí tlačítka menu pouze upravujeme a ukládáme servery se kterými se bude pracovat. V případě že zvolíme levé tlačítko PING. Nejprve vypíše na display oznámení o spojení a vyčkává na odpověď serveru.



Obr. 17: Připojování k serveru

V případě že se spojení se nezdaří případně trvá příliš dlouho je možné program kdykoli přerušit, v případě že se spojení se serverem zdaří vypíše na display výsledek přenosu.

Výsledek	Výsledek
cas=0ms TTL=122	PING na
	www.seznam.cz:
Test portu 80:	
OK, cas=124ms	Odpoved c.1
	IP: 212.80.76.3
Opakove ↕ Zpet	Opakove ↕ Zpet

Obr. 18: Výsledek spojení

## **Závěr**

V bakalářské práci se podařilo shrnout současné datové technologie. Bylo zjištěno, že rozdíly v dostupných technologiích u nás a v USA nejsou příliš velké, ovšem v Asii a především v Japonsku a Jižní Koreji jsou technologie mnohem vyspělejší a náhled na jejich využití je jiný.

V České Republice se nejvíce využívá technologie GPRS, není příliš rychlá, ale je dostupná prakticky všude. Technologie je nabízena u všech tří operátorů z měření bylo zjištěno že nejrychlejší technologii má T-Mobile.

Také je vidět že v zavádění nových technologií nezaostáváme příliš za Evropou, samozřejmě je potřeba zohlednit ekonomickou situaci naší země, to znamená, že jsme trochu pozadu oproti některým západoevropským zemím, naopak jsem napřed před většinou východních zemí.

Dostupnost zařízení pro využívání bezdrátových technologií je velmi dobrá, ceny těchto zařízení začínají již od 65\$. Proto si skoro každý může dovolit tyto technologie používat a předpokládá se jejich další rychlý rozvoj.

V poslední části naprogramovaná aplikace využívá platformu Java. Program je vytvořen ve vývojovém prostředí NetBeans, který je od firmy SUN volně ke stažení na internetu. Díky volnému šíření vývojového prostředí a široké dostupnosti zařízení podporující Javu se stávají telefony nástrojem nejen pro telefonování a psaní SMS, ale pomocníkem v organizaci volného času.

Na závěr je potřeba říci, že zavádění nových technologií je stále rychlejší, nabídka zařízení pro využívání těchto technologií se mění prakticky každý den. Z tohoto důvodu popisovat konkrétní zařízení nemá smysl, je dobré se orientovat v parametrech daných zařízení a mít představu kolik by mělo stát.